

# 全国特別重点調査を踏まえた 「調査難所の克服」に係る技術開発の方向性(案)

---

○全国特別重点調査（優先実施箇所）において、視覚調査の実施ができていないスパンを有する地方公共団体を対象に、全国特別重点調査における調査難所の詳細についてアンケートを実施したところ、調査難所の理由として主に水位が高いことが挙げられた。

○さらに、スパンが長距離（途中で中間人孔がない）、水流が速いといった理由が重なり、より難度が増していると考えられる。

| 調査難所である理由 |                              | スパン数 | 延長(m)  | 排除区分別延長内訳 |       |       |        |
|-----------|------------------------------|------|--------|-----------|-------|-------|--------|
|           |                              |      |        | 合流        | 汚水    | 雨水    | 合計     |
| 水位        | 満水（人孔部まで完全水没）                | 30   | 10,124 | 1,450     | 6,184 | 2,490 | 10,124 |
|           | 水位が高い（管径の4/5超）               | 1    | 720    | 720       | 0     | 0     | 720    |
|           | 水位が高い（管径の2/5～3/5）            | 1    | 1,280  | 1,280     | 0     | 0     | 1,280  |
|           | 水位が高い（管径の1/5～2/5）            | 3    | 485    | 485       | 0     | 0     | 485    |
| 人孔        | スパンが長距離（途中で中間人孔がない）          | 7    | 8,708  | 4,045     | 4,663 | 0     | 8,708  |
|           | 人孔にステップがなく、作業員が降りられない        | 1    | 109    | 109       | 0     | 0     | 109    |
| 水流        | 水流が速い                        | 5    | 6,357  | 1,280     | 5,078 | 0     | 6,357  |
| 硫化水素      | 硫化水素濃度が高い（換気ができない）           | 4    | 5,078  | 0         | 5,078 | 0     | 5,078  |
|           | 硫化水素濃度が高い（換気していないが調査不可と判断した） | 1    | 1,280  | 0         | 1,280 | 0     | 1,280  |
| 土砂        | 土砂が堆積している（管径の1/5～2/5）        | 1    | 720    | 720       | 0     | 0     | 720    |

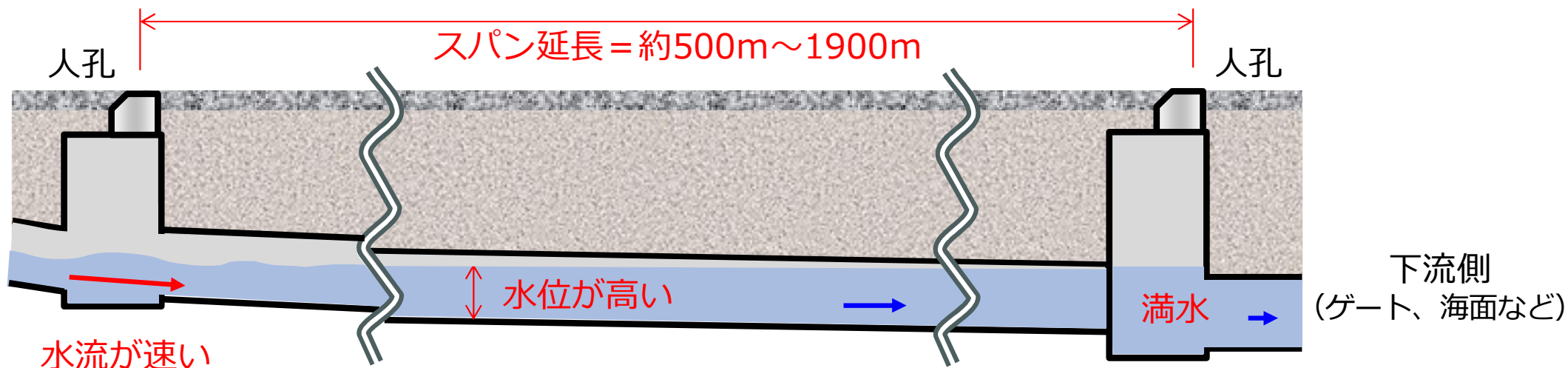
※水位が高くかつ水流が速い等の重複あり

調査難所に対する主な試行・検討状況

| 調査難所である理由（路線別一例）             | 調査難所に対する試行・検討状況                        |
|------------------------------|----------------------------------------|
| 管内常時満水（汚水管）かつ圧送路線のため         | 水中カメラの使用や管内からのソナー調査を実施したが管の劣化を確認不可     |
| 放流先との水位差により管内常時満水（雨水管）のため    | 調査手法を検討して実施の見込みが立ったことから水中ドローンによる調査を発注中 |
| 処理場側最下流の路線であり、管内常時満水（汚水管）のため | 上流側ポンプの運転停止により水位が下げられるか試行検討中           |
| 管内常時満水（雨水管）のため               | 上流側の農業用排水の流入量が減る時期に潜行目視調査を実施予定         |

# 調査難所のイメージ

## 調査難所のイメージ



水流が速い



総延長 = 6,357m

水位が高い



総延長 = 2,485m

満水



総延長 = 10,124m

※写真（水流、水位）は、全国特別重点調査ではなく、過年度B-DASH予備調査において撮影

※総延長は、全国特別重点調査における調査難所の延長

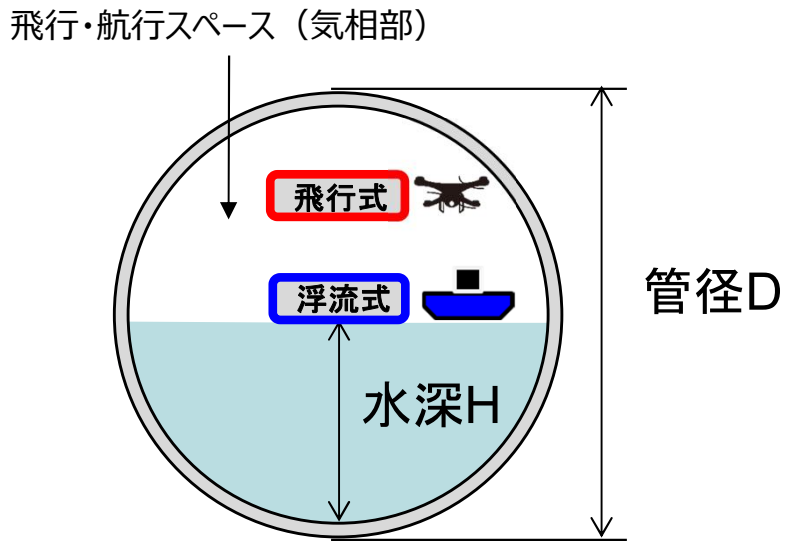
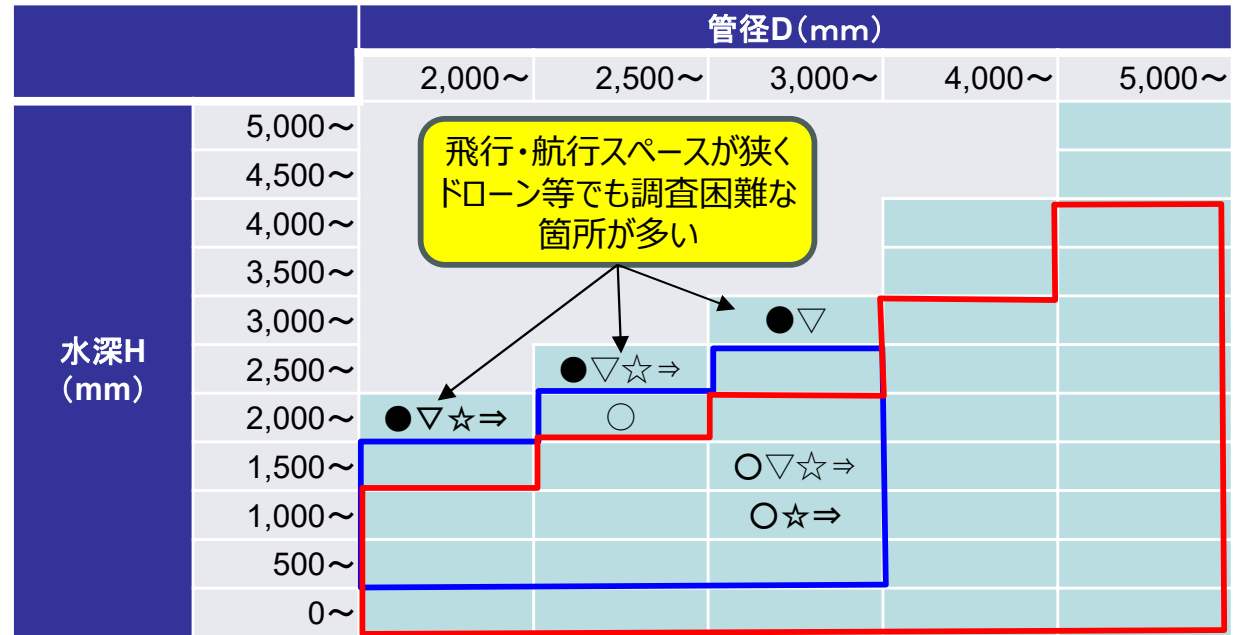
# 調査難所の特性に応じた解決策の方向性(案)

| 調査難所である理由 |                                  | 排除区分                                  |    |                                                     |
|-----------|----------------------------------|---------------------------------------|----|-----------------------------------------------------|
|           |                                  | 合流                                    | 汚水 | 雨水                                                  |
| 水位        | 満水（人孔部まで完全水没）                    | ・水位低下方策を実施した上で、飛行式ドローン・浮流式カメラ調査等を実施   |    | ・水位低下方策を実施した上で、飛行式ドローン・浮流式カメラ調査等を実施<br>・水中ドローン調査を実施 |
|           | 水位が高い（管径の4/5超）                   |                                       |    |                                                     |
|           | 水位が高い（管径の2/5～3/5）                |                                       |    |                                                     |
|           | 水位が高い（管径の1/5～2/5）                |                                       |    |                                                     |
| 人孔        | スパンが長距離（途中に中間人孔がない）              | ・飛行式ドローン・浮流式カメラ調査等の長距離化<br>・中間人孔の設置   |    |                                                     |
|           | 人孔にステップがなく、作業員が降りられない            | ・地上部から飛行式ドローン・浮流式カメラ調査等を実施<br>・ステップ新設 |    |                                                     |
| 水流        | 水流が速い                            | ・水位低下方策を実施した上で、飛行式ドローン・浮流式カメラ調査等を実施   |    |                                                     |
| 硫化水素      | 硫化水素濃度が高い（換気ができない）               | ・換気設備の設置、ポンプ制御（圧送の一時停止）等              |    | —                                                   |
|           | 硫化水素濃度が高い<br>（換気していないが調査不可と判断した） |                                       |    | —                                                   |
| 土砂        | 土砂が堆積している（管径の1/5～2/5）            | 土砂・堆積物撤去                              |    |                                                     |

※赤字は、技術開発により対応する解決策

- 全国特別重点調査で確認された調査難所のうち水位が高い箇所については、飛行・航行スペースが狭いため、飛行式ドローンや浮流式カメラであっても調査困難な箇所が多い。
- このような飛行・航行スペースの課題については、水位低下方策により、飛行式ドローンや浮流式カメラが飛行・航行可能な水位まで低下させることや、機体のさらなる小型化等を図ることにより、調査・診断可能とすることが考えられる。

■ 調査難所と飛行式ドローン・浮流式カメラで飛行・航行可能な範囲の関係



全国特別重点調査で確認された調査難所

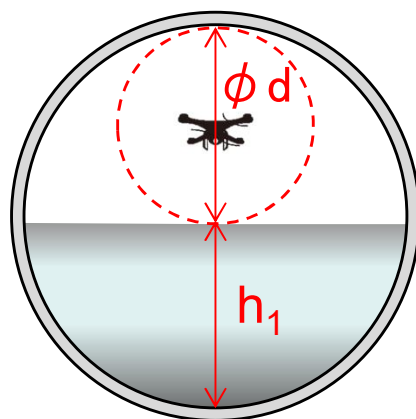
- : 満水
- : 水位が高い
- ▽ : 水流が速い
- ☆ : 硫化水素濃度が高い
- ⇒ : スパンが長距離

- : 飛行式ドローンが飛行可能な範囲※ (スパンが長距離の場合を除く)
- : 浮流式カメラが航行可能な範囲※ (水流が速い場合を除く)

※代表的な調査機器の場合

# (参考)調査可能な水位・気相部高さ

## 飛行式

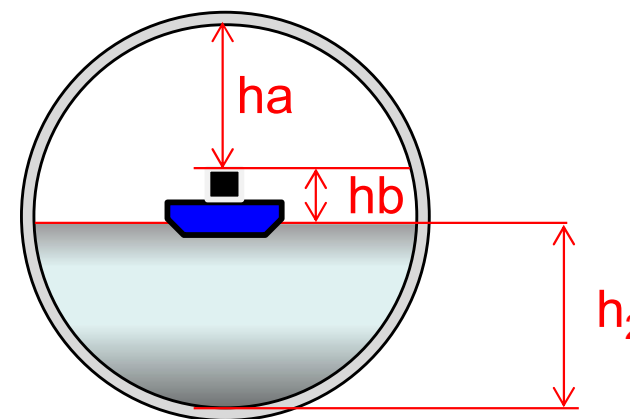


$\phi d$  : 必要最小気相部  
 $h_1$  : 最高水位(推定)

調査可能最高水位: 管径-800mm

ドローンが飛行するための必要最小気相部を確保できる水位

## 浮流式



$h_a$  : 機体頂部から管頂部までの高さの許容最小値  
 $h_b$  : 水面から機体頂部までの高さ  
 (機体高さで見なす)  
 $h_2$  : 最高水位(推定)

調査可能最高水位: 管径-300mm

浮流式カメラの頂部から管頂部までの高さが許容最小値となる水位

# 自治体へのヒアリング実施結果(飛行式、浮流式)

○飛行式ドローンや浮流式カメラを導入している自治体（5団体）を対象にヒアリングを実施した結果、必要な性能・機能に関して、主に以下のようなニーズ等が確認された。

## ■操作性

- 長距離スパン1～2kmへの対応（例：バッテリー長寿命化等）
- 落差や曲線部への対応
- 安定飛行・航行（飛行式：簡単な操作技術、浮流式：急流や横流入に対する転覆防止）

## ■撮影機能

- 異常箇所の位置特定（例：距離計測技術、点群・3D化等）
- ひび割れ幅計測（例：画面上でのクラックスケール表示機能）

## ■付加価値機能

- リアルタイムモニタリング（途中で転覆しても、再調査の判断が迅速にできる）
- 管きょ内における硫化水素濃度の測定（500m程度のスパンの場合、換気が難しいため）
- AI自動判定（スクリーニング調査の高度化、クラック等の見落とし低減）
- 非破壊検査機能、簡易補修機能（防錆剤散布など）の搭載

# 開発目標の設定イメージ(飛行式)(案)

- アンケート調査等によって明らかとなった**水位が高く、スパンも長距離という調査難所**について、**飛行式ドローン等を活用して調査・診断可能**とすることを目指し、下表の通り各項目の開発目標イメージを整理する。
- 今回の会議では、特に「評価軸」、「開発項目」等について議論し、次回の推進会議において、現状の技術水準・課題、開発可能性に関するアンケート・ヒアリング（現在実施中）の成果を踏まえ、より詳細・定量的に議論。

| 評価軸    | 開発項目         | 現状の技術水準・課題（例）               | 高度化・実用化に向けた開発目標イメージ                               | 必須機能 |
|--------|--------------|-----------------------------|---------------------------------------------------|------|
| 操作性    | 飛行距離         | 最大 400m程度（バッテリーや通信距離の制約）    | 長距離化（例：2,000m（調査難所の実績）等）                          | ○    |
|        | 曲線区間への対応     | 曲線部での通信に障害                  | 通信の強化（出力の増大、中継基地の設置など）<br>（困難な場合には、中間人孔の設置等により対応） |      |
|        | 段差や勾配変化点への対応 | オペレーターの技能に依存                | 自動回避機能の搭載、自律飛行の実現                                 |      |
| 耐久性    | 耐久性の向上       | 防塵・防水仕様は走行式TVカメラに劣る（水没で故障）  | 防塵・防水性の向上（水没にも耐える）                                |      |
| 撮影機能   | 位置情報の測定      | 測定不可（応用研究で開発中）              | 異状箇所の位置を測定                                        |      |
|        | ひび割れ幅等の測定    | 測定不可（異状の有無のみ定性的に把握可能）       | 新たな診断基準*での診断を可能とする測定能力                            | ○    |
|        | 高画質化         | 近接して異常箇所を撮影                 | 近接には飛行時間を有するため、近接せず異常を把握できるような高画質化                |      |
| 付加価値機能 | 硫化水素濃度測定     | 測定不可（応用研究で開発中）              | 換気できない箇所（長距離スパン）の濃度測定                             |      |
|        | 内空断面測定・3次元化  | 測定不可（AB-CROSS（FS）、応用研究で開発中） | 点群データ等による測定機能（クラック幅等を含む）                          |      |

\*新たな診断基準については、「下水道管路マネジメントのための技術基準等検討会」で年内に中間整理予定。

# 開発目標の設定イメージ(浮流式)(案)

- アンケート調査等によって明らかとなった**水位が高く、スパンも長距離という調査難所**について、**浮流式カメラ等**を活用して調査・診断**可能**とすることを旨とし、下表の通り各項目の開発目標イメージを整理する。
- 今回の会議では、特に「評価軸」、「開発項目」等について議論し、次回の推進会議において、現状の技術水準・課題、開発可能性に関するアンケート・ヒアリング（現在実施中）の成果を踏まえ、より詳細・定量的に議論。

| 評価軸    | 開発項目         | 現状の技術水準・課題（例）               | 高度化・実用化に向けた開発目標イメージ                   | 必須機能 |
|--------|--------------|-----------------------------|---------------------------------------|------|
| 操作性    | 航行距離         | 最大 1,000m程度（ケーブル等の制約）       | 長距離化（例：2,000m（調査難所の実績）等）              | ○    |
|        | 曲線区間への対応     | ケーブルにより曲線部での航行に支障           | 無線・自律航行の実現<br>（困難な場合には、中間人孔の設置等により対応） |      |
|        | 段差や勾配変化点への対応 | 転覆のリスクがある                   | 段差や流量変化に強い機材                          |      |
| 耐久性    | 耐久性の向上       | 防塵・防水仕様は走行式TVカメラと同等         | 防塵・防水性の向上（水没にも耐える）                    |      |
| 撮影機能   | 位置情報の測定      | 測定不可                        | 異状箇所の位置を測定                            |      |
|        | ひび割れ幅等の測定    | 測定不可（異状の有無のみ定性的に把握可能）       | 新たな診断基準*での診断を可能とする測定能力                | ○    |
|        | 高画質化         | 近接して異常箇所を撮影                 | 近接せず異常を把握できるような高画質化                   |      |
| 付加価値機能 | 硫化水素濃度測定     | 測定不可                        | 換気できない箇所（長距離スパン）の濃度測定                 |      |
|        | 内空断面測定・3次元化  | 測定不可（AB-CROSS（FS）、応用研究で開発中） | 点群データ等による測定機能（クラック幅等を含む）              |      |

\*新たな診断基準については、「下水道管路マネジメントのための技術基準等検討会」で年内に中間整理予定。

# 【参考】視覚調査における追加確認の概要(前回資料より再掲)

- 全国特別重点調査で実施された視覚調査について、その調査方法や現場調査で苦労した点などを、政令指定都市等を対象に調書により追加確認。
- 今回の確認においては、調査実施済みの約6割で潜行目視を採用。浮流式、水上走行式、飛行式等は約15%。

調査機器ごとの調査実施スパン数

| 調査方法   | スパン数 |        |       |
|--------|------|--------|-------|
|        |      | 調査実施済み | 調査未実施 |
| 自走式    | 277  | 247    | 30    |
| 浮流式    | 346  | 324    | 22    |
| 水上走行式  | 27   | 27     | 0     |
| 飛行式    | 4    | 4      | 0     |
| 水中ドローン | 1    | 1      | 0     |
| 潜水土    | 13   | 12     | 1     |
| 潜行目視   | 1549 | 1459   | 90    |
| 確認中    | 430  | 268    | 162   |
| 計      | 2647 | 2342   | 305   |

浮流式TVカメラ調査による写真  
(全国特別重点調査)

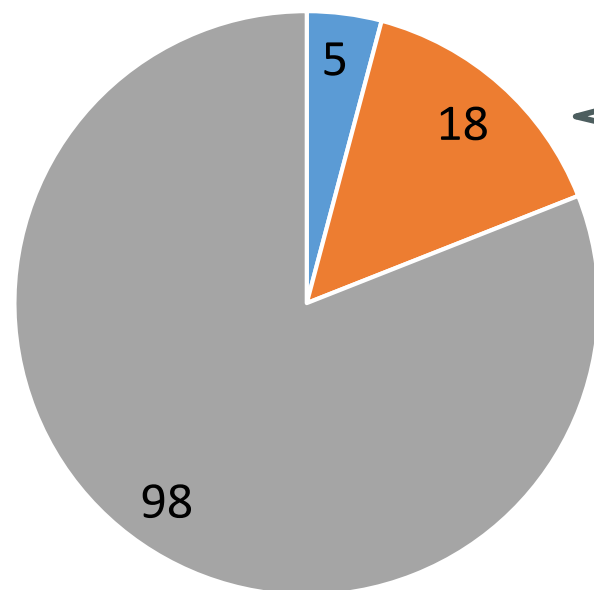


今回の確認においては、流量が多く自走式テレビカメラや潜行目視による点検が困難な箇所において多く採用された

|         | 全国特別重点調査(優先実施箇所) | うち追加調査の対象 |
|---------|------------------|-----------|
| 延長 (km) | 813              | 484       |
| スパン数    | 5039             | 2647      |

- 全国特別重点調査（優先実施箇所）を実施し、回答を得た121自治体中、5自治体において飛行式を採用
- 飛行式ドローンの採用を検討したが使用に至らなかった理由として、「**管内水位や風速**により飛行が困難」、「**費用が高額**」、「現在の技術では**品質に不安**がある」といった「技術の適用条件、コスト等の理由」の他、「**地元業者で利用できる者がいなかった**」という回答も都市、地方を問わず一定数あった（機器の性能に加え、機器の普及、地元業者のスキルアップも課題）

特別重点調査（優先実施箇所）において飛行式を検討したか否か



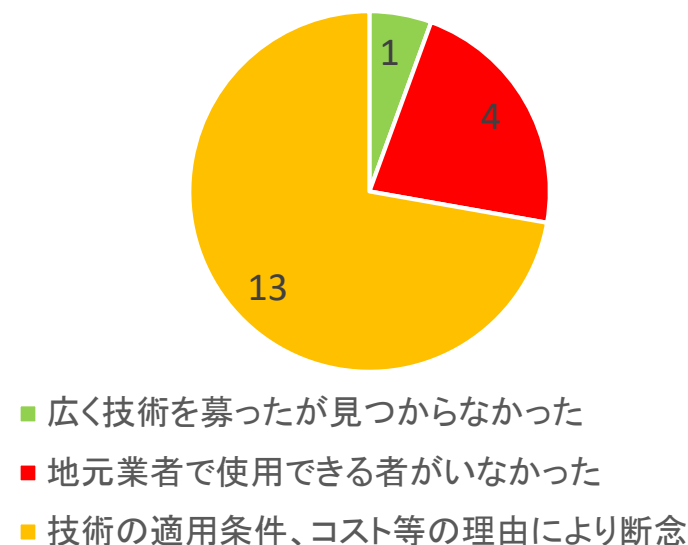
■ 使用した

■ 検討したが使用できなかった

■ 検討しなかった（使用する必要がなかった）

※数字は自治体数

「検討したが使用できなかった」の内訳



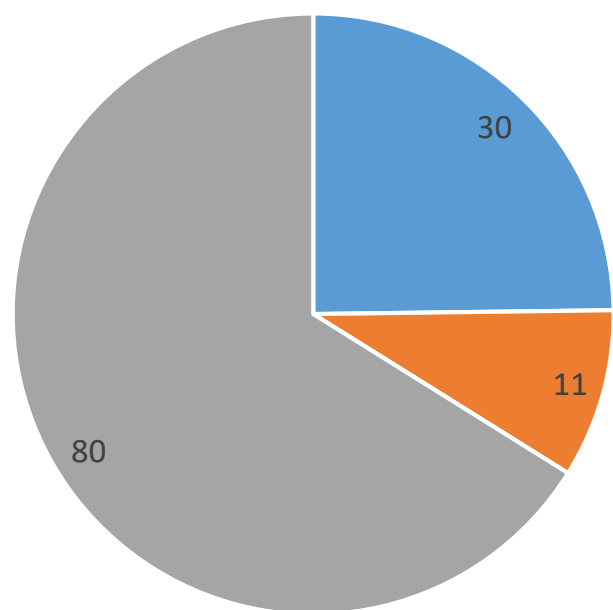
■ 広く技術を募ったが見つからなかった

■ 地元業者で利用できる者がいなかった

■ 技術の適用条件、コスト等の理由により断念

- 全国特別重点調査（優先実施箇所）を実施し、回答を得た121自治体中、30自治体において浮流式を採用
- 浮流式カメラの採用を検討したが使用に至らなかった理由として、「水量が満水に近い場合は適さないとの業者の見解」、「スクリーニングに用いるものであり、精度面から詳細調査には適さない」といった技術の適用条件等の理由の他、「地元業者で利用できる者がいなかった」、「適正な歩掛けや管理の指針がなかった」という調達面の回答もあった

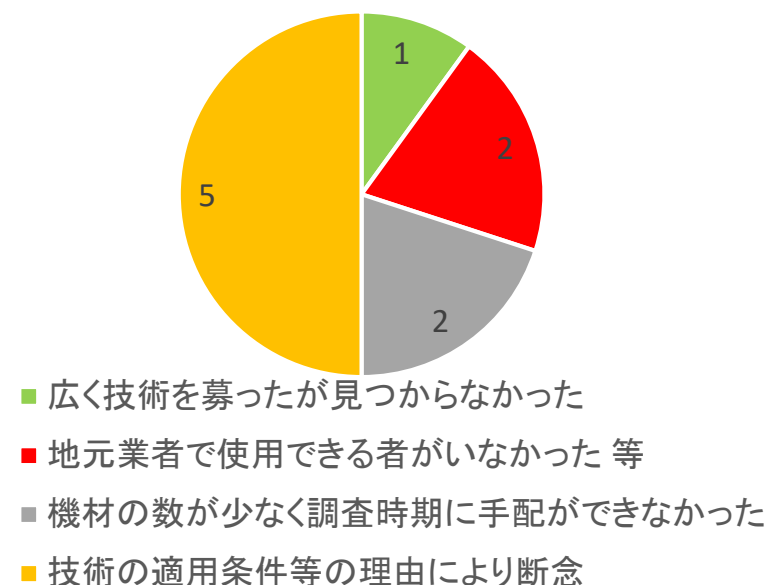
特別重点調査（優先実施箇所）において浮流式を検討したか否か



※数字は自治体数

- 使用した
- 検討したが使用できなかった
- 検討しなかった（使用する必要がなかった）

「検討したが使用できなかった」の内訳



### ＜技術的課題＞

- ・水位が高い、水流が速いなどの条件下では飛行式ドローンや浮流式でも調査が難しい
- ・スパンの延長が長い場合、適用が困難（なお、技術により適用範囲に差異あり）
- ・浮流式や飛行式ドローンは詳細調査をするには画質が良くない（特に微小なクラックの把握等は困難）

### ＜調達に係る課題＞

- ・潜行目視の方が安価（飛行式ドローン等の機器が選択肢に上がらない）
- ・機器の基数や操縦士に限られるため、一般的な管路調査企業では飛行式ドローン等の調達は困難

→飛行式ドローン等に関しては、技術的課題に加え、調達に係る課題もあることが確認された  
（次回以降の議論）